

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
7 décembre 2000 (07.12.2000)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 00/72996 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷: B22D 11/10,
11/16

Marcel [FR/FR]: La Grivolée, F-38410 Saint Martin
d'Uriage (FR). ERNST, Roland [FR/FR]; 8, rue Pasteur,
F-38610 Gières (FR).

(21) Numéro de la demande internationale:

PCT/FR00/01485

(74) Mandataire: DE BEAUMONT, Michel; Cabinet Con-
seil, 1, rue Champollion, F-38000 Grenoble (FR).

(22) Date de dépôt international: 30 mai 2000 (30.05.2000)

(25) Langue de dépôt: français

(81) États désignés (national): CA, JP, US.

(26) Langue de publication: français

(84) États désignés (régional): brevet européen (AT, BE, CH,
CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT,
SE).

(30) Données relatives à la priorité:
99/07021 31 mai 1999 (31.05.1999) FR

Publiée:

— Avec rapport de recherche internationale.

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US):
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIEN-
TIFIQUE [FR/FR]; 3, rue Michel Ange, F-75794 Paris
Cedex 16 (FR).

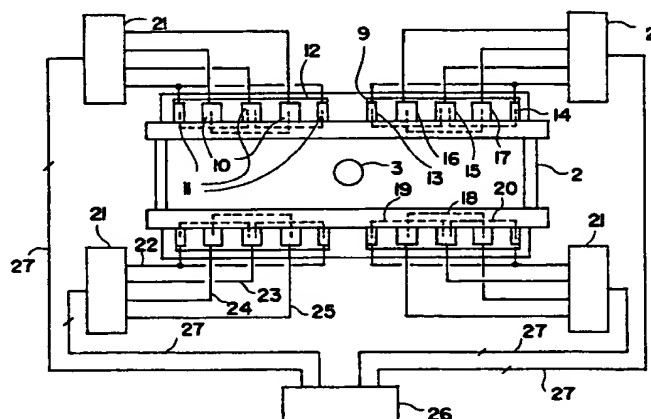
En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abrégia-
tions, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et
abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de
la Gazette du PCT.

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement): GARNIER,

(54) Title: METHOD AND INSTALLATION FOR MEASURING AND REGULATING THE FLOW RATE OF A LIQUID
METAL IN A CONTINUOUS CASTING INGOT MOULD

(54) Titre: PROCEDE ET INSTALLATION DE MESURE ET DE REGULATION DE LA VITESSE D'ÉCOULEMENT D'UN
METAL LIQUIDE DANS UNE LINGOTIERE DE COULÉE CONTINUE



(57) Abstract: The invention concerns a method and an installation for measuring and regulating the flow rate of a metal liquid in an ingot mould equipped with an electromagnetic brake with sliding field (9). The invention enables to measure the voltage or current of at least one powering source of the electromagnetic brake and extract the flow rate from said information.

(57) Abrégé: L'invention concerne un procédé et une installation de mesure et de régulation de la vitesse d'écoulement d'un métal liquide dans une lingotière équipée d'un frein électromagnétique à champ glissant (9). L'invention prévoit de mesurer la tension ou le courant d'au moins une source d'alimentation du frein électromagnétique et à extraire la vitesse d'écoulement de cette information.

WO 00/72996 A1

PROCEDE ET INSTALLATION DE MESURE ET DE REGULATION DE LA VITESSE D'ECOULEMENT
D'UN METAL LIQUIDE DANS UNE LINGOTIERE DE COULEE CONTINUE

La présente invention concerne le domaine des installations métallurgiques et, plus particulièrement, les installations de coulée continue d'un métal liquide dans une lingotière.

La figure 1 représente, de façon très schématique et
5 partiellement par une vue en perspective, la section d'entrée
d'une lingotière 1 de coulée continue métallurgique. La lingotière comprend essentiellement un moule 2, ouvert à ses deux extrémités dans le cas d'une coulée continue. Le métal liquide est amené dans la lingotière par une buse 3 immergée, plongeant
10 dans le moule 2. La buse 3 présente des ouïes latérales 4 qui ont pour but de donner une composante horizontale à la vitesse du métal liquide en sortie de la buse 3.

La figure 2 est une vue en coupe schématique d'une lingotière classique 1 illustrant, par des flèches, les mouvements
15 du métal liquide dans la section d'entrée du moule 2. Comme l'illustre cette figure 2, la composante horizontale, donnée par les ouïes 4 de la buse 3 à la vitesse du métal liquide, a pour effet de limiter la profondeur verticale de pénétration du jet d'alimentation de métal dans le moule 2. Le métal liquide 1 est issu,
20 par exemple, d'un creuset 5 (par exemple, du type haut fourneau). Dans l'exemple représenté à la figure 2, le creuset 5 comporte, dans sa partie inférieure, un orifice 6 associé à un moyen d'ob-

turation commandable 7 pour commander le déversement du métal liquide dans la buse 3. Dans les installations classiques, la vitesse du métal liquide en sortie de la buse 3 peut atteindre plusieurs mètres par seconde. Il est donc important de pouvoir
5 contrôler la pénétration du métal liquide dans la coulée. En effet, une trop grande pénétration de ce métal liquide pose plusieurs problèmes. Parmi ceux-ci, on notera un entraînement de particules non-métalliques provenant de la poudre ou peau (non représentée) qui recouvre le lingot 8 coulé dans le moule 2. Ces
10 particules se trouvent piégées dans le métal obtenu. Une trop grande pénétration du métal liquide entraîne également un gradient thermique inversé puisque le métal liquide chaud affecte les régions profondes de la coulée et provoque, notamment, une refusion locale en profondeur du lingot solidifié au moins par-
15 tiellement, ce qui nuit également à la qualité du produit.

Pour limiter la vitesse du métal liquide, on a recours à des systèmes de freinage et, en particulier, à des systèmes de frein électromagnétique.

Un premier type de frein électromagnétique utilise un
20 champ magnétique continu dans une direction perpendiculaire à la vitesse de l'écoulement du métal, ce qui donne naissance à des courants induits. Ces courants induits interagissent avec le champ magnétique appliqué et engendrent une force électromagnétique qui est une force de freinage visant à annuler la vitesse à
25 l'origine des courants induits. De tels systèmes à champ magnétique continu sont généralement constitués d'un électro-aimant entourant totalement ou partiellement la lingotière, et qui produit un champ magnétique transversal au métal liquide. De tels systèmes ont l'inconvénient d'être passifs, c'est-à-dire que le
30 champ magnétique est de géométrie et de position fixées une fois pour toutes, ce qui entraîne que tout écart à un point de fonctionnement donné réduit l'efficacité du freinage. Par conséquent, ce freinage se révèle inefficace lorsque les conditions d'alimentation (vitesse, forme de la buse, profondeur d'immersion des
35 ouies de la buse, etc.) changent.

Une deuxième catégorie de freins électromagnétiques dits à champ glissant utilise un champ magnétique alternatif produit par une alimentation polyphasée appliquée à des inducteurs présentant une répartition spatiale adaptée. Le champ magnétique est ainsi animé d'un mouvement de rotation ou de translation selon que la forme de l'inducteur est cylindrique ou plane. De tels champs magnétiques permettent d'accélérer ou de freiner les écoulements du métal liquide dans la coulée continue métallurgique. Le système est ici actif puisque l'effet mécanique induit dans le métal liquide est indépendant de la vitesse liquide et se trouve donc contrôlée par l'opérateur.

La présente invention concerne, plus particulièrement, les installations de coulée continue équipées d'un système de frein électromagnétique à champ magnétique glissant.

En pratique, dans les installations industrielles de coulée continue métallurgique, un frein à champ magnétique glissant se compose de quatre inducteurs à champ glissant associés par paire de chaque côté du moule 2 de la lingotière. A la figure 1, deux de ces inducteurs ont été illustrés de façon schématique et désignés par la référence 9. A la figure 2, ces deux inducteurs ont été illustrés en pointillés. D'un même côté de la lingotière, les deux inducteurs sont, comme l'illustre la figure 1, disposés symétriquement par rapport à l'axe de la buse 3 de part et d'autre de celle-ci pour équilibrer la distribution du métal.

Un exemple de système de frein électromagnétique dans une installation de coulée continue métallurgique est décrit, par exemple, dans la demande de brevet européen N° 0550785 dont le contenu est incorporé ici par référence.

Un problème qui se pose est que la géométrie des ouïes 4 de la buse 3 évolue dans le temps, en particulier, en raison d'une érosion de ces ouïes par l'écoulement rapide de l'acier liquide dans la buse. Cette érosion n'évolue pas forcément de façon symétrique, ce qui entraîne alors une dissymétrie hydrodynamique dans la lingotière en raison d'un écoulement plus important d'un côté de la buse 3 par rapport à l'autre. Un tel

déséquilibre est nuisible à la qualité du produit fini car il conduit non seulement à l'introduction de particules non métalliques provenant de la peau du métal liquide mais également à des durées de solidification différentes d'un côté à l'autre du lingot formé.

Il serait donc souhaitable de pouvoir différencier les actions des inducteurs 9 de champ magnétique glissant pour rétablir l'équilibre de l'injection dans la lingotière.

Pour cela, on pourrait penser alimenter les quatre inducteurs de façon séparée de façon à fournir de nombreuses combinaisons dans l'organisation des mouvements du métal liquide. En particulier, on pourrait alors individualiser le freinage des jets de métal liquide d'un côté ou de l'autre de la buse 3.

Toutefois, l'individualisation théorique des effets des différents inducteurs sur la coulée de métal pose des problèmes de mise en pratique liés, en particulier au besoin de connaître alors la vitesse réelle de la coulée de métal à un instant donné. De plus, cette vitesse courante d'injection du métal doit être connue de part et d'autre de la buse 3.

Une méthode classique pour régler le champ électromagnétique glissant dans une lingotière du type de celle illustrée par les figures 1 et 2 consiste à modéliser l'écoulement dans une structure de test utilisant, par exemple, de l'eau pour fixer la fréquence d'excitation des inducteurs. Une telle méthode est décrite en particulier dans la demande de brevet européen N° 0550785 déjà mentionnée.

Il est clair qu'une telle méthode ne peut pas permettre de connaître en temps réel la vitesse de l'écoulement à travers les deux ouïes 4 de la buse 3 et, plus particulièrement, à détecter un déséquilibre dans cet écoulement.

Une première solution pour connaître cette vitesse serait d'utiliser des jauges de contrainte fixées à des tiges plongées dans l'acier liquide de la lingotière. En mesurant un signal relié à l'effort hydrodynamique exercé par l'acier liquide sur les tiges, on peut alors détecter toute dissymétrie d'écoule-

ment et, par conséquent, le cas échéant corriger celle-ci par modification de la puissance injectée dans les inducteurs 9. Toutefois, le recours à des tiges, par exemple d'alumine, pose plusieurs problèmes.

5 Un premier problème est que ces tiges constituent un élément intrusif dans la lingotière qui est susceptible d'introduire des pollutions dans le produit obtenu, en particulier, par une érosion des tiges liée à la coulée de métal liquide.

10 Un autre inconvénient est que l'usure par érosion de ces tiges de mesure rend cette solution, en pratique, difficilement viable économiquement en raison de la consommation alors importante des tiges d'alumine dans un processus industriel.

15 La présente invention vise à pallier les inconvénients des installations de coulée continue métallurgique classiques. L'invention vise, plus particulièrement, à permettre une commande individualisée des inducteurs d'un frein électromagnétique à champ glissant d'une telle installation.

20 La présente invention vise également à proposer une solution qui n'entraîne aucune pollution du métal liquide en cours de coulée.

 L'invention vise également à proposer une solution qui soit particulièrement économique et ne nécessite pas de maintenance en matériau consommable.

25 La présente invention vise en outre à proposer une solution qui soit particulièrement adaptée à un asservissement individualisé des puissances injectées dans les inducteurs générant le champ magnétique glissant.

30 Pour atteindre ces objets, la présente invention prévoit un procédé de mesure de la vitesse d'écoulement d'un métal liquide en fusion dans une lingotière équipée d'un frein électromagnétique à champ glissant, consistant à mesurer la tension ou le courant d'au moins une source d'alimentation du frein électromagnétique et à extraire la vitesse d'écoulement de cette information.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, le procédé est appliqué à un frein électromagnétique dont au moins un inducteur comprend deux paquets de plusieurs conducteurs dans une direction verticale, et consiste à appliquer, pour
5 chaque conducteur, la relation suivante :

$$\text{grad}V = -i(\omega - vk)A - \rho j,$$

où ω représente la pulsation d'excitation alternative du champ glissant, où v représente la vitesse du métal, où k représente le nombre d'ondes du champ magnétique glissant inducteur, où A
10 représente le potentiel vecteur, où ρ représente la résistivité du métal, où j représente la densité de courant d'excitation du conducteur, et où V représente la tension aux bornes de l'inducteur.

Selon un mode de réalisation de la présente invention,
15 la mesure de vitesse est utilisée pour asservir l'excitation des inducteurs sur une valeur prédéterminée.

La présente invention prévoit aussi un procédé de régulation d'une vitesse de coulée continue d'un métal en fusion dans une lingotière, consistant à asservir la tension ou le courant
20 d'au moins une source d'alimentation d'un frein électromagnétique à champ glissant comportant plusieurs inducteurs, sur une mesure du courant ou de la tension dans chaque inducteur.

La présente invention prévoit aussi une installation de coulée continue du type utilisant un frein électromagnétique à
25 champ glissant pour organiser l'écoulement d'un métal liquide délivré par deux ouïes d'une buse, caractérisée en ce que chaque inducteur du frein électromagnétique est alimenté par un circuit individuel ; et en ce que l'installation comporte des moyens pour réguler la tension ou le courant d'alimentation de chaque induc-
30 teur afin de maintenir les vitesses d'écoulement du métal liquide équilibrées entre les deux ouïes.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, chaque circuit d'alimentation de chaque inducteur comprend ses propres moyens de régulation de la puissance d'excitation
35 électromagnétique de cet inducteur.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, l'installation comprend une centrale de commande des circuits d'alimentation des différents inducteurs pour réguler la vitesse d'écoulement du métal liquide.

5 Ces objets, caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres de la présente invention seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

10 les figures 1 et 2 qui ont été décrites précédemment représentent un exemple d'installation de coulée métallurgique continue du type auquel s'applique la présente invention ;

la figure 3 représente, de façon très schématique, les positions respectives des inducteurs dans un système de coulée
15 continue auquel s'applique la présente invention ;

la figure 4 est une vue de dessus d'une lingotière équipée d'un système d'asservissement de vitesse de coulée selon l'invention ; et

la figure 5 représente, de façon schématique, un mode
20 de réalisation d'un circuit de commande d'un inducteur selon l'invention.

Les mêmes éléments ont été désignés par les mêmes références aux différentes figures. Pour des raisons de clarté, seuls les éléments qui sont nécessaires à la compréhension de l'inven-
25 tion ont été représentés aux figures et seront décrits par la suite. On pourra se référer à la littérature, en particulier à la demande de brevet européen N° 0550785, pour la constitution d'une installation de coulée continue à frein électromagnétique actif à champ glissant, l'invention ne modifiant pas la structure des
30 installations classiques.

Une caractéristique de la présente invention est de tirer profit d'une alimentation individuelle des différents inducteurs d'un frein électromagnétique à champ glissant pour extraire, des caractéristiques électriques de cette alimentation

des inducteurs, une information relative à la vitesse d'écoulement du métal liquide dans la lingotière.

Selon la présente invention, on utilise le fait que les courants induits par le métal liquide conducteur dans le champ magnétique créé par les inducteurs dépendent, entre autres, de la vitesse d'écoulement du métal liquide. En particulier, en supposant que le système est stabilisé pour une vitesse de métal correspondant à un régime permanent d'écoulement du métal liquide, une perturbation quelconque qui entraîne une variation de cette vitesse se traduit par une variation de l'impédance du ou des inducteurs sensibles au courant induit correspondant. Ainsi, selon la présente invention, on utilise pour alimenter les inducteurs, une source d'alimentation constante soit en courant soit en tension, et on examine la variation éventuelle de l'autre grandeur (tension ou courant) pour en déduire une variation de la vitesse d'écoulement du métal liquide. De plus, cette vitesse peut être localisée à partir du moment où les inducteurs sont alimentés séparément les uns des autres. Cette information peut, dans un mode de réalisation préféré, être utilisée en contre-réaction d'un système d'asservissement de l'alimentation des différents inducteurs afin d'asservir la vitesse d'écoulement du métal sur un point d'équilibre correspondant à une consigne de vitesse donnée, par exemple, calculée à partir d'une modélisation telle que décrite dans la demande de brevet européen N° 0550785.

La figure 3 illustre, de façon très schématique, la position de quatre inducteurs dans une installation de coulée continue. Par souci de simplification, seuls les inducteurs 9 ainsi qu'un parallélogramme symbolisant le métal liquide 1 entre ces inducteurs ont été représentés.

De façon classique, chaque inducteur 9 est constitué de plusieurs ampères/tours imbriqués propres à être respectivement alimentés par des phases différentes. Dans l'exemple de la figure 3, on a supposé un système de frein électromagnétique diphasé. Chaque inducteur 9 comporte donc deux circuits, respectivement 10 et 11, d'ampères-tours conducteurs imbriqués dans une culasse

magnétique 12 opposée au métal 1 par rapport au plan x-z dans lequel s'inscrivent les circuits conducteurs 10 et 11. Un premier circuit conducteur 11 correspondant à une première phase est constitué de trois paquets de conducteurs 13, 14, 15. Le nombre
5 de conducteurs du paquet central 15 correspond au double du nombre de conducteurs des paquets 13 et 14 qui encadrent deux paquets 16, 17 de conducteurs du deuxième circuit 10 destinés à être alimentés par la deuxième phase de l'alimentation diphasée. Pour former les ampères-tours adaptés, les paquets de conducteurs
10 sont reliés directement par phase à une de leur extrémité et, par l'intermédiaire de la source d'alimentation (non représentée à la figure 3), à leurs autres extrémités respectives. Ainsi, dans l'exemple de la figure 3 où les axes, respectivement, vertical z dans le sens de la coulée, et horizontaux x, y respectivement
15 dans la plus grande direction du métal liquide 1 correspondant à l'alignement des ouïes (4, figure 1) de la buse d'injection et dans la plus petite direction du métal liquide 1, les paquets de conducteurs des différents inducteurs sont dans la direction verticale z. Ils sont, par exemple, reliés en direct par leurs
20 extrémités inférieures respectives. Par le raccordement des paquets de conducteurs, les ampères-tours sont traversés par un courant qui, dans les tronçons verticaux, se trouvent inversés selon qu'il s'agit des conducteurs 13, 14 ou 15 pour le premier circuit 11, et 16 ou 17 pour le deuxième circuit 10. Afin d'illustrer cette circulation dans des sens opposés, on a indiqué un
25 exemple de circulation de courant à la figure 3, symbolisé par un "." ou une "x" selon le sens de circulation dans les tronçons verticaux.

L'organisation des circulations de courant telle qu'il-
30 lustrée à la figure 3 est parfaitement classique et ne sera pas détaillée plus avant. On notera simplement que l'invention peut être mise en oeuvre dans un système comportant un plus grand nombre de phases, par exemple dans un système triphasé ou polyphasé de nombre supérieur en respectant l'imbrication habituelle des
35 phases pour obtenir un système de champ glissant polyphasé. On

notera également que, comme l'illustrent les représentations des sens de circulation de courant à la figure 3, l'axe x correspond à un axe de symétrie longitudinale qui est en fait un axe d'anti-symétrie pour les inducteurs 9 qui se font face deux à deux.

5 Dans un système de frein électromagnétique à champ glissant tel qu'illustré par les figures précédentes, on peut considérer que le potentiel vecteur A , la densité de courant j , et le champ électrique E ont une seule composante suivant l'axe vertical z , que la vitesse du métal induit v a une seule compo-
10 sante suivant l'axe longitudinal x , et que l'induction magnétique B a deux composantes selon les axes horizontaux x et y .

La vitesse de synchronisme v_s du champ électro-
magnétique glissant est égale au produit de la fréquence f de
fonctionnement de l'excitation alternative des deux phases par la
15 longueur d'onde λ de l'onde de champ glissant. On notera que la
vitesse réelle v du métal est opposée à cette vitesse de synchro-
nisme qui ne comprend également qu'une seule composante selon
l'axe longitudinal x .

Les équations qui régissent le fonctionnement du frein
20 électromagnétique, respectivement dans l'inducteur, dans l'air,
dans la culasse magnétique et dans le métal induit peuvent s'ex-
primer de la façon suivante en projection sur l'axe vertical z où
l'inconnue unique est la composante A suivant Oz du potentiel
vecteur \vec{A} .

25 Dans l'inducteur, on peut écrire :

$$-\operatorname{div}\left[\frac{1}{\mu_0}(\overrightarrow{\operatorname{grad}A})\right]=J_i,$$

où J_i représente la densité de courant imposé dans l'inducteur
par l'alimentation, et où μ_0 représente la perméabilité du vide.

Dans l'air, on peut écrire :

30
$$-\operatorname{div}\left[\frac{1}{\mu_0}(\overrightarrow{\operatorname{grad}A})\right]=0.$$

Dans la culasse magnétique, on peut écrire :

$$-\operatorname{div}\left[\frac{1}{\mu_0\mu_r}(\overrightarrow{\operatorname{grad}A})\right]=0,$$

où μ_r est la perméabilité relative du milieu magnétique.

Dans le métal induit, on peut écrire :

$$-\operatorname{div}\left[\frac{1}{\mu_0}(\overrightarrow{\operatorname{grad}A})\right] = -i\frac{\omega}{\rho}A - \frac{v}{\rho}\frac{\partial A}{\partial x},$$

où ω représente la pulsation électrique de l'alimentation alternative ($\omega = 2\pi f$), et où ρ représente la résistivité du métal liquide.

En première approximation, on peut, afin de négliger les effets de bord, considérer que le potentiel vecteur A est une onde glissante due à une nappe inductrice infiniment longue suivant la direction longitudinale x . On peut alors considérer que la seule composante A du potentiel vecteur suivant l'axe vertical z peut s'écrire sous la forme :

$$A = A_0 e^{i(\omega t - kx)},$$

où k représente le nombre d'ondes du champ magnétique glissant inducteur ($k = 2\pi/\lambda$).

Avec cette approximation, la relation précédente dans le métal induit peut s'exprimer en projection sur l'axe vertical comme étant égal à :

$$-\operatorname{div}\left[\frac{1}{\mu_0}(\overrightarrow{\operatorname{grad}A})\right] + \frac{i}{\rho}(\omega - vk)A = 0.$$

En introduisant la vitesse de synchronisme de l'inducteur dans cette équation, on obtient :

$$-\operatorname{div}\left[\frac{1}{\mu_0}(\overrightarrow{\operatorname{grad}A})\right] + i\frac{2\pi}{\lambda\rho}(v_s - v)A = 0.$$

Toutes les expressions ci-dessus montrent que les seules grandeurs variables pour un courant donné sont le potentiel A et la vitesse v du métal liquide.

On notera que plutôt que le courant, c'est la densité de courant qui doit être fixée. Cependant, le nombre de conducteurs par paquet (c'est-à-dire le nombre de spires) n'a pas d'incidence dans la mesure où on va comparer de manière relative la variation de tension de chaque phase pour une variation de vitesse du métal.

On peut donc calculer, à partir des valeurs respectives du potentiel vecteur A , de la densité de courant imposé j , et des relations établies précédemment, le gradient de tension $\text{grad}V$ sur ces conducteurs.

5 En projetant, sur l'axe vertical z , l'équation de Maxwell suivante :

$$\vec{j} = \sigma \left(-i\omega \vec{A} + \vec{v} \times \vec{B} - \vec{\text{grad}}V \right) = \sigma \left(-i\omega \vec{A} + \vec{v} \times \vec{\text{rot}} \vec{A} - \vec{\text{grad}}V \right)$$

qui relie les grandeurs j , $\text{grad}V$ et A , et en remplaçant $\vec{v} \times \vec{\text{rot}} \vec{A}$ par $ivkA$, on obtient la relation suivante donnant le
10 gradient de la tension sur chaque conducteur :

$$\text{grad}V = -i(\omega - vk)A - \rho j.$$

Il suffit alors de sommer les valeurs obtenues pour tous les conducteurs de chaque paquet afin d'obtenir la tension totale des phases respectives. Si besoin est, on peut en déduire
15 l'impédance de chaque phase plutôt que la tension en divisant cette tension par les courants imposés par les sources de courant 31 et 32.

A titre d'exemple particulier de réalisation, en prenant pour chaque paquet de conducteurs, un rectangle de
20 $160 \times 100 \text{ mm}^2$ (à l'exception des paquets 13 et 14 d'extrémité qui correspondent chacun à un rectangle de $80 \times 100 \text{ mm}^2$), la densité de courant vaut $6,75 \cdot 10^6$ ampères efficaces par m^2 . En supposant une perméabilité relative μ_r de 1000, la longueur d'onde λ du champ glissant est alors d'environ 1,3 m. Pour une fréquence de fonc-
25 tionnement de, par exemple, 0,65 Hz, la vitesse de synchronisme v_s est alors de 84,5 cm/s.

En considérant de manière simplifiée que le métal induit est un solide de résistivité constante $\rho = 100 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$ (ce qui correspond à une conductivité de $1 \cdot 10^6 / (\Omega\text{m})^{-1}$, soit sensiblement celle de l'acier liquide), on peut calculer, pour deux modu-
30 les de vitesse du métal liquide de 10 et de 9 cm/s, les valeurs respectives de la tension totale pour les paquets de conducteurs. Par exemple, pour des paquets 16 et 17 de 40 conducteurs de section carrée de $20 \times 20 \text{ mm}^2$ en série, ce qui revient à considérer

des paquets de 40 spires dans chacun desquelles passe un courant de 2700 A efficace, on obtient des tensions de 38,66 volts et de 36,74 volts en module pour, respectivement, 10 cm/s et 9 cm/s. Par conséquent, la tension de la phase correspondante diminue en
5 module d'environ $2/38$, soit environ 5 %. Sur l'impédance de la phrase correspondante, la variation est également de l'ordre de 5 % pour une même variation de vitesse du métal.

Par conséquent, on peut considérer qu'avec des valeurs industrielles, une variation de l'ordre de 10 % de vitesse du
10 métal se traduit par une variation de l'ordre de 5 à 6 % sur la tension et sur l'impédance. Cette variation est assez sensible pour être utilisée pour commander les circuits de régulation de manière à ramener la vitesse à sa valeur moyenne de consigne, ou à ramener à zéro un écart entre deux valeurs.

15 La figure 4 illustre, par une vue de dessus d'une lingotière, les raccordements électriques respectifs selon l'invention des inducteurs diphasés illustrés par la figure 3. Les connexions directes entre les différents paquets de conducteurs, par exemple, dans la partie inférieure du système, ont été symbo-
20 lisées par des pointillés.

S'agissant d'une vue de dessus, la buse 3 a été représentée schématiquement à la figure 4 au centre du moule 2. Chaque inducteur 9 a été symbolisé par sa culasse magnétique 12 et ses deux circuits conducteurs 10, 11 constitués, dans la direction
25 verticale, respectivement de deux paquets 16, 17 d'un même nombre de conducteurs et de trois paquets 13, 14, 15, le paquet central 15 ayant un nombre de conducteurs double de celui des paquets d'extrémité 13 et 14.

Comme cela a été indiqué précédemment, les tronçons 16
30 et 17 de chaque circuit 10 sont reliés directement, par exemple, par un câble 18 en partie inférieure. De même, les paquets 13 et 14 sont chacun reliés au paquet 15, par exemple, par des câbles, respectivement 19 et 20. En partie supérieure des paquets conducteurs verticaux, ceux-ci sont reliés par leurs extrémités à des
35 moyens d'alimentation. Selon l'invention, les circuits conduc-

teurs 10 et 11 de chaque inducteur 9 sont reliés individuellement à un circuit d'alimentation 21 propre à l'inducteur concerné. Ainsi, les paquets 13 et 14, le paquet 15, le paquet 16 et le paquet 17 sont reliés à un circuit 21 par des câbles respectifs
5 22, 23, 24 et 25.

Selon l'invention, tous les circuits 21 ont une structure identique qui sera décrite par la suite en relation avec la figure 5. Chaque circuit est individuellement relié à une centrale de commande 26, par exemple, par des câbles 27. Les câbles
10 27 ont été illustrés comme comprenant plusieurs conducteurs indépendants pour amener, à chaque circuit d'alimentation 21, les différentes phases d'alimentation alternative nécessaires ainsi que, le cas échéant, des signaux de commande appropriés fournis par la centrale 26. On notera cependant que seuls les signaux de
15 commande pourraient être individualisés et que les conducteurs d'alimentation polyphasés pourraient être communs aux différents circuits 21, ceux-ci se chargeant alors d'adapter les puissances respectives à fournir à chacun des inducteurs.

Pour des raisons de clarté, les différentes références
20 des inducteurs 9 n'ont été indiquées qu'une seule fois à la figure 4, chaque inducteur ayant une constitution similaire et ne différent des autres que par le sens de circulation du courant comme cela est illustré en figure 3.

La figure 5 représente, de façon très schématique, la
25 constitution d'un circuit d'alimentation 21 d'un inducteur selon la présente invention.

Dans l'exemple de la figure 5, on suppose que chaque phase d'inducteur est alimentée par un signal alternatif basse fréquence dont la valeur efficace du courant est fixée à une
30 valeur prédéterminée en fonction des caractéristiques nominales de freinage souhaité pour la lingotière. Ainsi, le circuit 21 de la figure 5 comprend deux sources de courant 31 et 32 alimentant, par exemple, les câbles 23 et 25 respectivement associés aux paquets de conducteurs 15 et 16 comme cela a été illustré en
35 relation avec la figure 4. Les sources de courant 31 et 32 sont,

selon l'invention, commandables, respectivement, par des signaux 33 et 34 délivrés par des circuits de régulation, respectivement 35 et 36. Chaque circuit 35, 36 mesure la tension entre, respectivement, les conducteurs 22 et 23 et les conducteurs 24 et 25. 5 Ces mesures de tension sont destinées à évaluer la vitesse du métal liquide en regard de l'inducteur correspondant.

Dans le mode de réalisation illustré par la figure 5, chaque régulateur 35, 36 reçoit une consigne 37, 38 de la centrale de commande 26 (figure 4) et se charge d'asservir le courant 10 délivré par les sources 31 et 32 pour permettre une vitesse régulière et équilibrée dans la lingotière. Toutefois, on pourra également prévoir que la régulation soit effectuée directement par la centrale 26, ou qu'une mesure de la tension soit utilisée pour calculer la vitesse afin que celle-ci soit exploitée par la 15 centrale 26.

Bien entendu, on pourra également prévoir que les inducteurs soient alimentés par une tension de valeur prédéterminée commandable et utiliser une mesure du courant dont les variations seront alors fonction de la vitesse, permettant ainsi 20 de réagir sur la source de tension d'alimentation.

La mise en oeuvre pratique du procédé de l'invention, par la réalisation des circuits électroniques où la programmation des outils informatiques nécessaires au calcul, est à la portée de l'homme du métier à partir des indications fonctionnelles données ci-dessus. On notera que la complexité de ce circuit électronique ou des calculs de programmation dépendra de la précision 25 souhaitée pour l'asservissement comme pour tout asservissement classique.

Un avantage de la présente invention est qu'elle permet 30 une mesure de la vitesse du métal liquide dans la lingotière sans contact physique avec le métal liquide.

Un autre avantage de la présente invention est qu'elle se prête particulièrement bien à un asservissement des systèmes de coulée continue dans la mesure où il est très facile de réagir 35 sur le courant ou la tension dans les inducteurs.

Un autre avantage de la présente invention est qu'elle ne nécessite aucune modification des installations classiques de coulées continues à frein électromagnétique à champ glissant, à l'exception des circuits de commande des différents inducteurs.

5 Bien entendu, la présente invention est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, l'adaptation du procédé en fonction du nombre de phases des systèmes de frein électromagnétique à champ glissant est à la portée de l'homme du métier en fonction de
10 l'application et des indications fonctionnelles données ci-dessus. De plus, les valeurs numériques indiquées dans la description qui précède ne l'ont été que pour montrer la faisabilité industrielle de l'invention et n'ont qu'une valeur d'illustration. En outre, on notera que la présente invention peut être
15 mise en oeuvre dans tout système de coulée continue quelle que soit la forme de la lingotière, pourvu que celle-ci ait recours à un système de frein électromagnétique actif à champ glissant.

REVENDICATIONS

1. Procédé de mesure de la vitesse d'écoulement d'un métal liquide (1) en fusion dans une lingotière (1) équipée d'un frein électromagnétique à champ glissant, caractérisé en ce qu'il consiste à mesurer la tension ou le courant d'au moins une source
5 d'alimentation (31, 32) du frein électromagnétique et à extraire la vitesse d'écoulement de cette information.

2. Procédé selon la revendication 1, appliqué à un frein électromagnétique dont au moins un inducteur (9) comprend deux paquets (16, 17) de plusieurs conducteurs dans une direction
10 verticale (z), caractérisé en ce qu'il consiste à appliquer, pour chaque conducteur, la relation suivante :

$$\text{grad}V = -i(\omega - vk)A - \rho j,$$

où ω représente la pulsation d'excitation alternative du champ glissant, où v représente la vitesse du métal, où k représente le
15 nombre d'ondes du champ magnétique glissant inducteur, où A représente le potentiel vecteur, où ρ représente la résistivité du métal, où j représente la densité de courant d'excitation du conducteur, et où V représente la tension aux bornes de l'inducteur.

20 3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la mesure de vitesse est utilisée pour asservir l'excitation des inducteurs (9) sur une valeur prédéterminée.

4. Procédé de régulation d'une vitesse de coulée continue d'un métal en fusion dans une lingotière (1), caractérisé en
25 ce qu'il consiste à asservir la tension ou le courant d'au moins une source d'alimentation (31, 32) d'un frein électromagnétique à champ glissant comportant plusieurs inducteurs (9), sur une mesure du courant ou de la tension dans chaque inducteur.

5. Installation de coulée continue du type utilisant un
30 frein électromagnétique à champ glissant pour organiser l'écoulement d'un métal liquide (1) délivré par deux ouïes (4) d'une buse (3), caractérisée en ce que chaque inducteur (9) du frein électromagnétique est alimenté par un circuit (21) individuel ; et en

ce que l'installation comporte des moyens (26, 35, 36) pour réguler la tension ou le courant d'alimentation de chaque inducteur afin de maintenir les vitesses d'écoulement du métal liquide équilibrées entre les deux ouïes.

5 6. Installation selon la revendication 5, caractérisée en ce que chaque circuit d'alimentation (21) de chaque inducteur (9) comprend ses propres moyens de régulation (35, 36) de la puissance d'excitation électromagnétique de cet inducteur.

10 7. Installation selon la revendication 5, caractérisée en ce qu'elle comprend une centrale (26) de commande des circuits d'alimentation (21) des différents inducteurs (9) pour réguler la vitesse d'écoulement du métal liquide.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/FR 00/01485

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B22D11/10 B22D11/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B22D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| A | EP 0 550 785 A (NIPPON KOKAN KK) 14 July 1993 (1993-07-14) abstract; figure 5 | 1,4,5 |
| A | EP 0 489 202 A (NIPPON STEEL CORP) 10 June 1992 (1992-06-10) figure 6 | 1,4,5 |
| A | EP 0 265 796 A (ASEA AB) 4 May 1988 (1988-05-04) the whole document | 1,4,5 |

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 August 2000

Date of mailing of the international search report

11/08/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mailliard, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 00/01485

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| EP 0550785 A | 14-07-1993 | CA 2059030 A,C | 09-07-1993 |
| | | US 5307863 A | 03-05-1994 |
| | | AT 155718 T | 15-08-1997 |
| | | DE 69221112 D | 28-08-1997 |
| | | DE 69221112 T | 11-12-1997 |
| EP 0489202 A | 10-06-1992 | JP 2898355 B | 31-05-1999 |
| | | JP 3094959 A | 19-04-1991 |
| | | US 5137077 A | 11-08-1992 |
| EP 0265796 A | 04-05-1988 | SE 459401 B | 03-07-1989 |
| | | DE 3776262 A | 05-03-1992 |
| | | JP 2891417 B | 17-05-1999 |
| | | JP 63165052 A | 08-07-1988 |
| | | SE 8604456 A | 21-04-1988 |
| | | US 4986340 A | 22-01-1991 |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dem : Internationale No

PCT/FR 00/01485

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 B22D11/10 B22D11/16

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 B22D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie * | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
|-------------|--|-------------------------------|
| A | EP 0 550 785 A (NIPPON KOKAN KK) 14 juillet 1993 (1993-07-14) abrégé; figure 5 | 1,4,5 |
| A | EP 0 489 202 A (NIPPON STEEL CORP) 10 juin 1992 (1992-06-10) figure 6 | 1,4,5 |
| A | EP 0 265 796 A (ASEA AB) 4 mai 1988 (1988-05-04) le document en entier | 1,4,5 |

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

Z document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

4 août 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

11/08/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Mailliard, A

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Dom. Internationale No

PCT/FR 00/01485

| Document brevet cité au rapport de recherche | Date de publication | Membre(s) de la famille de br vet(s) | Date de publication |
|---|------------------------|---|------------------------|
| EP 0550785 A | 14-07-1993 | CA 2059030 A,C | 09-07-1993 |
| | | US 5307863 A | 03-05-1994 |
| | | AT 155718 T | 15-08-1997 |
| | | DE 69221112 D | 28-08-1997 |
| | | DE 69221112 T | 11-12-1997 |
| EP 0489202 A | 10-06-1992 | JP 2898355 B | 31-05-1999 |
| | | JP 3094959 A | 19-04-1991 |
| | | US 5137077 A | 11-08-1992 |
| EP 0265796 A | 04-05-1988 | SE 459401 B | 03-07-1989 |
| | | DE 3776262 A | 05-03-1992 |
| | | JP 2891417 B | 17-05-1999 |
| | | JP 63165052 A | 08-07-1988 |
| | | SE 8604456 A | 21-04-1988 |
| | | US 4986340 A | 22-01-1991 |

1/3

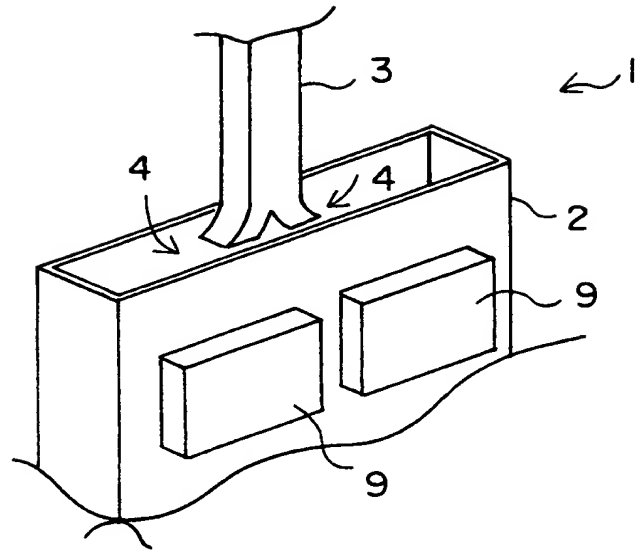


Fig 1

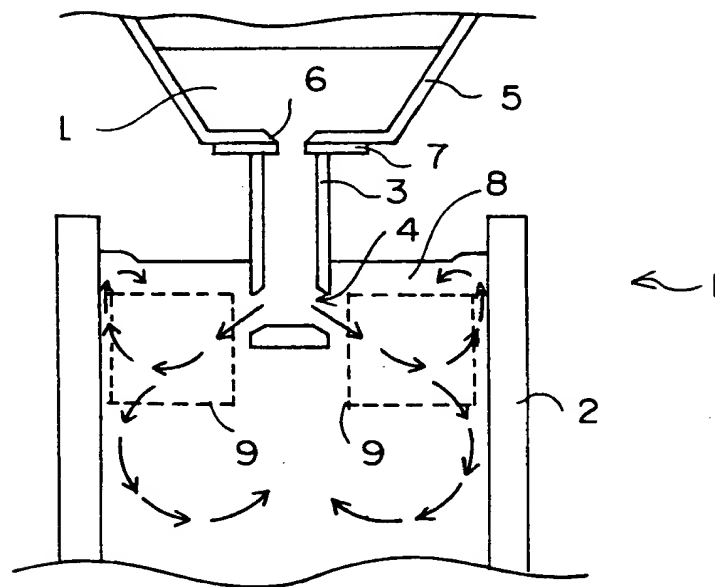


Fig 2

2/3

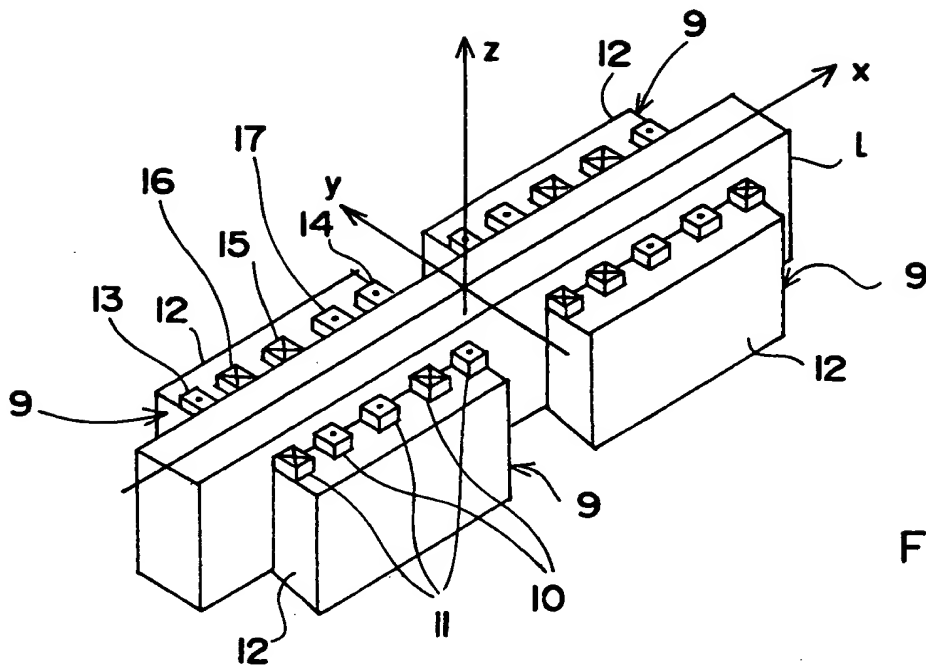


Fig 3

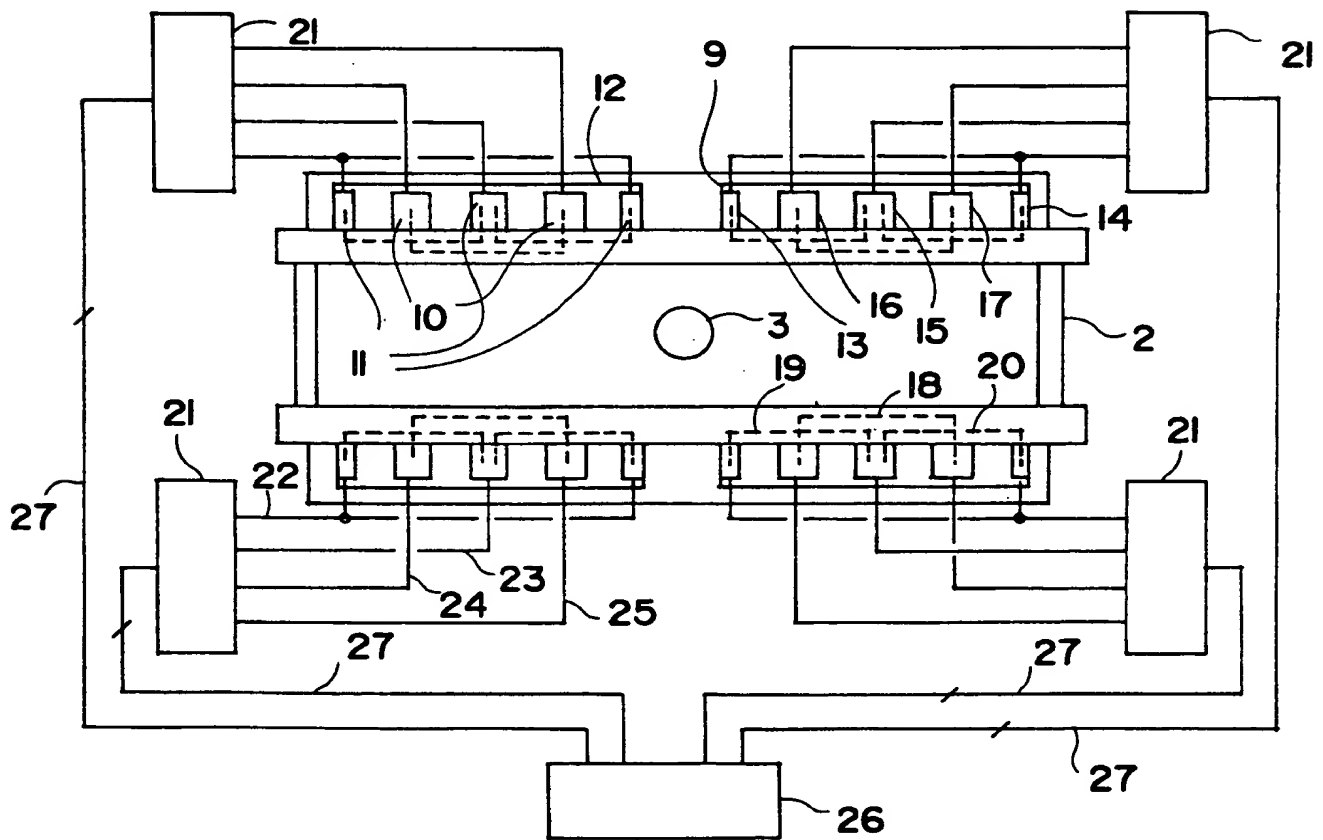


Fig 4

3/3

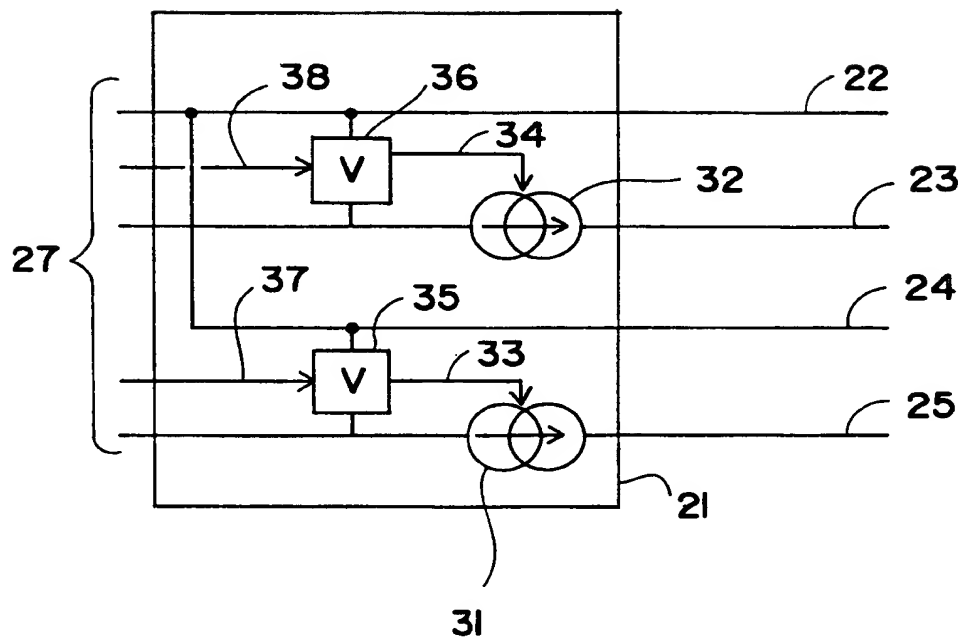


Fig 5

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

NOTIFICATION D'ELECTION

(règle 61.2 du PCT)

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

Commissioner
 US Department of Commerce
 United States Patent and Trademark
 Office, PCT
 2011 South Clark Place Room
 CP2/5C24
 Arlington, VA 22202
 ETATS-UNIS D'AMERIQUE
 en sa qualité d'office élu

| | |
|--|---|
| Date d'expédition (jour/mois/année) 06 mars 2001 (06.03.01) | |
| Demande internationale no PCT/FR00/01485 | Référence du dossier du déposant ou du mandataire B4297 PCT |
| Date du dépôt international (jour/mois/année) 30 mai 2000 (30.05.00) | Date de priorité (jour/mois/année) 31 mai 1999 (31.05.99) |
| Déposant GARNIER, Marcel etc | |

1. L'office désigné est avisé de son élection qui a été faite:



dans la demande d'examen préliminaire international présentée à l'administration chargée de l'examen préliminaire international le:

21 décembre 2000 (21.12.00)



dans une déclaration visant une élection ultérieure déposée auprès du Bureau international le:

2. L'élection



a été faite



n'a pas été faite

avant l'expiration d'un délai de 19 mois à compter de la date de priorité ou, lorsque la règle 32 s'applique, dans le délai visé à la règle 32.2b).

| | |
|---|---|
| Bureau international de l'OMPI 34, chemin des Colombettes 1211 Genève 20, Suisse | Fonctionnaire autorisé Maria Kirchner |
| no de télécopieur: (41-22) 740.14.35 | no de téléphone: (41-22) 338.83.38 |

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

NOTIFICATION D'ELECTION

(règle 61.2 du PCT)

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

Commissioner
 US Department of Commerce
 United States Patent and Trademark
 Office, PCT
 2011 South Clark Place Room
 CP2/5C24
 Arlington, VA 22202
 ETATS-UNIS D'AMERIQUE
 en sa qualité d'office élu

| | |
|---|--|
| Date d'expédition (jour/mois/année) 01 mars 2001 (01.03.01) | |
| Demande internationale no PCT/FR00/01485 | Référence du dossier du déposant ou du mandataire B4297 PCT |
| Date du dépôt international (jour/mois/année) 30 mai 2000 (30.05.00) | Date de priorité (jour/mois/année) 31 mai 1999 (31.05.99) |
| Déposant GARNIER, Marcel etc | |

1. L'office désigné est avisé de son élection qui a été faite:



dans la demande d'examen préliminaire international présentée à l'administration chargée de l'examen préliminaire international le:

21 janvier 2001 (21.01.01)



dans une déclaration visant une élection ultérieure déposée auprès du Bureau international le:

2. L'élection



a été faite



n'a pas été faite

avant l'expiration d'un délai de 19 mois à compter de la date de priorité ou, lorsque la règle 32 s'applique, dans le délai visé à la règle 32.b).

Bureau international de l'OMPI
 34, chemin des Colombettes
 1211 Genève 20, Suisse

no de télécopieur: (41-22) 740.14.35

Fonctionnaire autorisé

Maria Kirchner

no de téléphone: (41-22) 338.83.38

PCT

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

(article 18 et règles 43 et 44 du PCT)

| | | |
|---|--|--|
| Référence du dossier du déposant ou du mandataire B4297 PCT | POUR SUITE A DONNER voir la notification de transmission du rapport de recherche international (formulaire PCT/ISA/220) et, le cas échéant, le point 5 ci-après | |
| D mande internationale n° PCT/FR 00/ 01485 | Date du dépôt international(jour/mois/année) 30/05/2000 | (Date de priorité (la plus ancienne) (jour/mois/année) 31/05/1999 |
| Déposant CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE | | |

L présent rapport de recherche internationale, établi par l'administration chargée de la recherche internationale, est transmis au déposant conformément à l'article 18. Une copie en est transmise au Bureau international.

C rapport de recherche internationale comprend 2 feuilles.

☒ Il est aussi accompagné d'une copie de chaque document relatif à l'état de la technique qui y est cité.

1. Base du rapport

a. En ce qui concerne la langue, la recherche internationale a été effectuée sur la base de la demande internationale dans la langue dans laquelle elle a été déposée, sauf indication contraire donnée sous le même point.

☐ la recherche internationale a été effectuée sur la base d'une traduction de la demande internationale remise à l'administration.

b. En ce qui concerne les séquences de nucléotides ou d'acides aminés divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), la recherche internationale a été effectuée sur la base du listage des séquences :

☐ contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.

☐ déposée avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.

☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.

☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.

☐ La déclaration, selon laquelle le listage des séquences présenté par écrit et fourni ultérieurement ne va pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.

☐ La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous forme déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listage des séquences présenté par écrit, a été fournie.

2. ☐ Il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (voir le cadre I).

3. ☐ Il y a absence d'unité de l'invention (voir le cadre II).

4. En ce qui concerne le titre,

☐ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant.

☒ Le texte a été établi par l'administration et a la teneur suivante:

PROCÉDE ET INSTALLATION DE MESURE ET DE REGULATION DE LA VITESSE D'ECOULEMENT D'UN METAL LIQUIDE DANS UNE LINGOTIERE DE COULEE CONTINUE

5. En ce qui concerne l'abrégé,

☒ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant

☐ le texte (reproduit dans le cadre III) a été établi par l'administration conformément à la règle 38.2b). Le déposant peut présenter ses observations à l'administration dans un délai d'un mois à compter de la date d'expédition du présent rapport de recherche internationale.

6. La figure des dessins à publier avec l'abrégé est la Figure n°

☒ suggérée par le déposant.

☐ parce que le déposant n'a pas suggéré de figure.

☐ parce que cette figure caractérise mieux l'invention.

4

☐ Aucune des figures n'est à publier.

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 B22D11/10 B22D11/16

* Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 B22D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

WPI Data, PAJ, EP0-Internal, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie ° | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
|-------------|--|-------------------------------|
| A | EP 0 550 785 A (NIPPON KOKAN KK) 14 juillet 1993 (1993-07-14) abrégé; figure 5 | 1, 4, 5 |
| A | EP 0 489 202 A (NIPPON STEEL CORP) 10 juin 1992 (1992-06-10) figure 6 | 1, 4, 5 |
| A | EP 0 265 796 A (ASEA AB) 4 mai 1988 (1988-05-04) le document en entier | 1, 4, 5 |

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"G" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

4 août 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

11/08/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 851 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Mailliard, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 00/01485

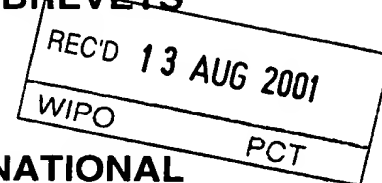
| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|--|------------------|--|--|
| EP 0550785 A | 14-07-1993 | CA 2059030 A,C US 5307863 A AT 155718 T DE 69221112 D DE 69221112 T | 09-07-1993 03-05-1994 15-08-1997 28-08-1997 11-12-1997 |
| EP 0489202 A | 10-06-1992 | JP 2898355 B JP 3094959 A US 5137077 A | 31-05-1999 19-04-1991 11-08-1992 |
| EP 0265796 A | 04-05-1988 | SE 459401 B DE 3776262 A JP 2891417 B JP 63165052 A SE 8604456 A US 4986340 A | 03-07-1989 05-03-1992 17-05-1999 08-07-1988 21-04-1988 22-01-1991 |

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

RAPPORT D'EXAMEN PRELIMINAIRE INTERNATIONAL

(article 36 et règle 70 du PCT)





| | | |
|--|--|---|
| Référence du dossier du déposant ou du mandataire B4297 PCT | POUR SUITE A DONNER voir la notification de transmission du rapport d'examen préliminaire international (formulaire PCT/IPEA/416) | |
| Demande internationale n° PCT/FR00/01485 | Date du dépôt international (jour/mois/année) 30/05/2000 | Date de priorité (jour/mois/année) 31/05/1999 |
| Classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois classification nationale et CIB B22D11/10 | | |
| Déposant CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE et al | | |

1. Le présent rapport d'examen préliminaire international, établi par l'administration chargée de l'examen préliminaire international, est transmis au déposant conformément à l'article 36.
2. Ce RAPPORT comprend 5 feuilles, y compris la présente feuille de couverture.
 - ☒ Il est accompagné d'ANNEXES, c'est-à-dire de feuilles de la description, des revendications ou des dessins qui ont été modifiées et qui servent de base au présent rapport ou de feuilles contenant des rectifications faites auprès de l'administration chargée de l'examen préliminaire international (voir la règle 70.16 et l'instruction 607 des Instructions administratives du PCT).

Ces annexes comprennent 2 feuilles.

3. Le présent rapport contient des indications relatives aux points suivants:

- I ☒ Base du rapport
- II ☐ Priorité
- III ☐ Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- IV ☐ Absence d'unité de l'invention
- V ☒ Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- VI ☐ Certains documents cités
- VII ☐ Irrégularités dans la demande internationale
- VIII ☒ Observations relatives à la demande internationale

| | |
|---|--|
| Date de présentation de la demande d'examen préliminaire internationale 21/12/2000 | Date d'achèvement du présent rapport 09.08.2001 |
| Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen préliminaire international:  Office européen des brevets D-80298 Munich Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465 | Fonctionnaire autorisé Lombois, T N° de téléphone +49 89 2399 7444  |

RAPPORT D'EXAMEN PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL

Demande internationale n° PCT/FR00/01485

I. Base du rapport

1. En ce qui concerne les **éléments** de la demande internationale (*les feuilles de remplacement qui ont été remises à l'office récepteur en réponse à une invitation faite conformément à l'article 14 sont considérées dans le présent rapport comme "initialement déposées" et ne sont pas jointes en annexe au rapport puisqu'elles ne contiennent pas de modifications (règles 70.16 et 70.17)*):

Description, pages:

1-16 version initiale

Revendications, N°:

1-7 version initiale

Dessins, feuilles:

1/3-3/3 version initiale

2. En ce qui concerne la **langue**, tous les éléments indiqués ci-dessus étaient à la disposition de l'administration ou lui ont été remis dans la langue dans laquelle la demande internationale a été déposée, sauf indication contraire donnée sous ce point.

Ces éléments étaient à la disposition de l'administration ou lui ont été remis dans la langue suivante: , qui est :

- ☐ la langue d'une traduction remise aux fins de la recherche internationale (selon la règle 23.1(b)).
- ☐ la langue de publication de la demande internationale (selon la règle 48.3(b)).
- ☐ la langue de la traduction remise aux fins de l'examen préliminaire internationale (selon la règle 55.2 ou 55.3).

3. En ce qui concerne les **séquences de nucléotides ou d'acide aminés** divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), l'examen préliminaire internationale a été effectué sur la base du listage des séquences :

- ☐ contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.
- ☐ déposé avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.
- ☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ La déclaration, selon laquelle le listage des séquences par écrit et fourni ultérieurement ne va pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.
- ☐ La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listage des séquences Présenté par écrit, a été fournie.

4. Les modifications ont entraîné l'annulation :

**RAPPORT D'EXAMEN
PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n° PCT/FR00/01485

- ☐ de la description, pages :
☐ des revendications, n°s :
☐ des dessins, feuilles :

5. ☐ Le présent rapport a été formulé abstraction faite (de certaines) des modifications, qui ont été considérées comme allant au-delà de l'exposé de l'invention tel qu'il a été déposé, comme il est indiqué ci-après (règle 70.2(c)) :

(Toute feuille de remplacement comportant des modifications de cette nature doit être indiquée au point 1 et annexée au présent rapport)

6. Observations complémentaires, le cas échéant :

V. Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration

| | |
|--|--------------------------|
| Nouveauté | Oui : Revendications 1-4 |
| | Non : Revendications 5-7 |
| Activité inventive | Oui : Revendications 1-4 |
| | Non : Revendications 5-7 |
| Possibilité d'application industrielle | Oui : Revendications 1-7 |
| | Non : Revendications |

2. Citations et explications
voir feuille séparée

VIII. Observations relatives à la demande internationale

Les observations suivantes sont faites au sujet de la clarté des revendications, de la description et des dessins et de la question de savoir si les revendications se fondent entièrement sur la description :
voir feuille séparée

Concernant I point V Déclaration motivée selon la règle 66.2(a)(ii) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

Il est fait référence au document suivant:

D1: EP-A-0 550 785 (NIPPON Kokan kk) 14 juillet 1993

1. Revendications indépendantes 1 et 4

Le document D1 est considéré comme étant l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1 (respectivement de l'objet de la revendication 4).

D1 expose un procédé de mesure (respectivement un procédé de régulation) dont l'invention revendiquée diffère en principe en ce que la vitesse réelle d'écoulement du métal liquide à l'endroit où il est souhaité de réaliser une régulation de ladite vitesse dans la lingotière n'est pas à proprement parler mesurée mais seulement estimée à partir d'une modélisation sur maquette hydraulique à l'échelle 1/3 telle que décrite dans D1 (cf. p.6, l.16-18 et p.7, l.6-15).

Le problème que se propose de résoudre la présente invention peut donc être considéré comme étant de **permettre une mesure de la vitesse d'écoulement du métal liquide en une région donnée de la lingotière en évitant les problèmes d'érosion et de grande consommations d'éléments périssables** (tels que des tiges d'alumine dans le cas de l'exemple de technique de mesure de vitesse telle que décrite p.4, l.31 à p.5, l.4).

Aucun des documents cités au rapport de recherche ne décrit ni ne suggère d'extraire une estimation des variations de la vitesse d'écoulement du métal liquide en un point de la lingotière en mesurant les variations de courant (respectivement: de tension) d'alimentation de l'inducteur opérant un freinage électromagnétique dans ladite région, l'alimentation du dit inducteur se faisant à courant constant (respectivement: à tension constante).

La solution proposée dans la revendication 1 (respectivement 4) de la présente demande est donc considérée comme inventive (Art. 33(3) PCT).

2. Revendications portant sur une installation de coulée continue

L'installation de coulée continue objet de la revendication 5 (dans sa rédaction actuelle) n'est pas nouvelle (Art. 33(2) PCT).

En effet l'installation de coulée continue selon **D1** peut être équipée de capteurs mesurant localement la vitesse d'écoulement du métal liquide en lingotière tels que décrit p.4, l.31 à p.5, l.4 aboutissant sans l'exercice d'une activité inventive à une installation de coulée continue comportant des moyens permettant le maintien des vitesses d'écoulement du métal liquide équilibrées entre les deux ouïes.

Une telle installation anticipe une installation de coulée selon la revendication 5.

Les **revendications 6 et 7** dépendent de la revendication 5 et ne contiennent pas de caractéristiques de nature à remédier à l'objection ci dessus.

Concernant le point VIII Observations relatives à la demande internationale (clarté)

1. La revendication dépendante 2 mentionne une relation mathématique utilisant un paramètre dénommé "i". Cependant ce paramètre n'est pas défini, ni dans la revendication, ni dans la description telle que déposée originellement.

Pour des raisons de clarté éditoriale il aurait du être précisé que "i" désigne la partie imaginaire du nombre complexe représentant la tension.

5. Installation de coulée continue du type utilisant un frein électromagnétique à champ glissant pour organiser l'écoulement d'un métal liquide (1) délivré par deux ouïes (4) d'une buse (3), caractérisée en ce que chaque inducteur (9) du frein électromagnétique est alimenté par un circuit (21) individuel ; et en ce que l'installation comporte des moyens (26, 35, 36) pour réguler la tension ou le courant d'alimentation de chaque inducteur afin de maintenir les vitesses d'écoulement du métal liquide équilibrées entre les deux ouïes.
- 10 6. Installation selon la revendication 5, caractérisée en ce que chaque circuit d'alimentation (21) de chaque inducteur (9) comprend ses propres moyens de régulation (35, 36) de la puissance d'excitation électromagnétique de cet inducteur.
- 15 7. Installation selon la revendication 5, caractérisée en ce qu'elle comprend une centrale (26) de commande des circuits d'alimentation (21) des différents inducteurs (9) pour réguler la vitesse d'écoulement du métal liquide.

REVENDICATIONS

1. Procédé de mesure de la vitesse d'écoulement d'un métal liquide (1) en fusion dans une lingotière (1) équipée d'un frein électromagnétique à champ glissant, caractérisé en ce qu'il consiste : à alimenter le frein électromagnétique en courant, respectivement en tension, par au moins une source d'alimentation constante ; à mesurer la tension, respectivement le courant, de la source d'alimentation (31, 32) ; et à extraire la vitesse d'écoulement des variations de cette information.

2. Procédé selon la revendication 1, appliqué à un frein électromagnétique dont au moins un inducteur (9) comprend deux paquets (16, 17) de plusieurs conducteurs dans une direction verticale (z), caractérisé en ce qu'il consiste à appliquer, pour chaque conducteur, la relation suivante :

$$\text{grad}V = -i(\omega - vk)A - \rho j,$$

où ω représente la pulsation d'excitation alternative du champ glissant, où v représente la vitesse du métal, où k représente le nombre d'ondes du champ magnétique glissant inducteur, où A représente le potentiel vecteur, où ρ représente la résistivité du métal, où j représente la densité de courant d'excitation du conducteur, et où V représente la tension aux bornes de l'inducteur.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la mesure de vitesse est utilisée pour asservir l'excitation des inducteurs (9) sur une valeur prédéterminée.

4. Procédé de régulation d'une vitesse d'écoulement d'un métal en fusion dans une partie d'une lingotière (1) de coulée continue équipée d'un frein électromagnétique à champ glissant comportant plusieurs inducteurs (9), caractérisé en ce qu'il consiste : à alimenter le frein électromagnétique en courant, respectivement en tension, par au moins une source d'alimentation constante ; à asservir la tension ou le courant de la source d'alimentation (31, 32) sur une mesure du courant ou de la tension dans chaque inducteur.

FEUILLE MODIFIEE

D
2/13/09
Translation
09/980442
5060

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

| | | |
|---|---|---|
| Applicant's or agent's file reference B4297 PCT | FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416) | |
| International application No. PCT/FR00/01485 | International filing date (day/month/year) 30 May 2000 (30.05.00) | Priority date (day/month/year) 31 May 1999 (31.05.99) |
| International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC B22D 11/10 | | |
| Applicant CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE | | |

| |
|---|
| 1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36. |
| 2. This REPORT consists of a total of <u>5</u> sheets, including this cover sheet. <input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT). These annexes consist of a total of <u>2</u> sheets. |
| 3. This report contains indications relating to the following items: I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report II <input type="checkbox"/> Priority III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited VII <input type="checkbox"/> Certain defects in the international application VIII <input checked="" type="checkbox"/> Certain observations on the international application |

| | |
|--|---|
| Date of submission of the demand 21 December 2000 (21.12.00) | Date of completion of this report 09 August 2001 (09.08.2001) |
| Name and mailing address of the IPEA/EP | Authorized officer |
| Facsimile No. | Telephone No. |

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FR00/01485

I. Basis of the report

1. With regard to the **elements** of the international application:*

- ☐ the international application as originally filed
- ☒ the description:
pages _____ 1-16 _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☒ the claims:
pages _____ 1-7 _____, as originally filed
pages _____, as amended (together with any statement under Article 19
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☒ the drawings:
pages _____ 1/3-3/3 _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☐ the sequence listing part of the description:
pages _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____

2. With regard to the **language**, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language _____ which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

4. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).**

* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

** Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

| | | | |
|-------------------------------|--------|-----|-----|
| Novelty (N) | Claims | 1-4 | YES |
| | Claims | 5-7 | NO |
| Inventive step (IS) | Claims | 1-4 | YES |
| | Claims | 5-7 | NO |
| Industrial applicability (IA) | Claims | 1-7 | YES |
| | Claims | | NO |

2. Citations and explanations

The following document is referred to:

D1: EP-A-0 550 785 (NIPPON Kokan kk) 14 July 1993.

1. Independent Claims 1 and 4

D1 is considered to represent the closest prior art to the subject matter of Claim 1 (and to the subject matter of Claim 4, respectively).

D1 discloses a measurement method (respectively, a regulation method) from which the subject matter of the claimed invention differs, in principle, in that the actual flow rate of the liquid metal at the point where that rate is to be regulated in the ingot mould is not, strictly speaking, measured, but is simply estimated on the basis of modelling using a hydraulic model at 1/3 scale as described in D1 (see page 6, lines 16-18, and page 7, lines 6-15).

The **problem** addressed by the present invention can therefore be considered to be that of **enabling the flow rate of the liquid metal to be measured in a given region of the ingot mould whilst avoiding the problems of erosion and high consumption of wearing parts** (such as the alumina rods in the example of a rate-measuring technique described on page 4, line 31, to page 5, line 4).

None of the documents cited in the search report describes or suggests obtaining an estimation of the variations in the flow rate of the liquid metal at a location in the ingot mould by measuring fluctuations in the current (or voltage, respectively) supplied to the field winding which provides electromagnetic braking at the said location, said field winding being supplied with a constant current (or a constant voltage, respectively).

The solution put forward in Claim 1 (and Claim 4, respectively) of the present application is therefore considered to be inventive (PCT Article 33(3)).

2. Claims relating to a continuous casting plant

The continuous casting plant defined in Claim 5 (in its current wording) is not novel (PCT Article 33(2)).

Indeed, the continuous casting plant of D1 can be equipped with sensors providing local measurement of the flow rate of the liquid metal as described on page 4, line 31, to page 5, line 4; this would result in a continuous casting plant comprising means enabling a balance to be maintained between the respective flow rates of the liquid metal in the two inlets, requiring no inventive input.

This plant anticipates the casting plant defined in Claim 5.

Claims 6 and 7 are dependent on Claim 5 and contain no features apt to remedy the foregoing objection.

VIII. Certain observations on the international application

The following observations on the clarity of the claims, description, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made:

1. Dependent Claim 2 mentions a mathematical relationship involving a parameter designated by the letter "i". However, this parameter is not defined, either in the claim or indeed in the description as filed.

In the interest of clarity, it should be indicated that "i" represents the imaginary part of the complex number representing the voltage.